

## 発光装置

### 発明の背景

#### 発明の分野：

- 5 本発明は、エミッタとなる物質に形成された第1の電極と第2の電極と蛍光体とを有する発光装置に関する。

#### 関連する技術の記述：

- 近時、発光装置は、基本素子として、カソード電極及びアノード電極を有する電子放出素子を具備し、フィールドエミッションディスプレイ（FED）やバックライトのような種々のアプリケーションに適用されている。FEDに適用する場合、複数の電子放出素子をそれぞれ2次元的に配列し、これら電子放出素子
- 10 に対して複数の蛍光体を、所定の間隔をもってそれぞれ配置するようにしている。

- この電子放出素子の従来例としては、例えば特開平1-311533号、特開平7-147131号、特開2000-285801号、特公昭46-2094
- 15 4号、特公昭44-26125号があるが、いずれもエミッタ部に誘電体を用いていないため、対向電極間にフォーミング加工もしくは微細加工が必要となったり、電子放出のために高電圧を印加しなければならず、また、パネル製作工程が複雑で製造コストが高くなるという問題がある。

- そこで、エミッタ部を誘電体で構成することが考えられているが、誘電体から
- 20 の電子放出として、安岡、石井著「強誘電体陰極を用いたパルス電子源」応用物理第68巻第5号、p546～550（1999）、V.F.Puchkarev, G.A.Mesyats, On the mechanism of emission from the ferroelectric ceramic cathode, J.Appl.Phys., vol. 78, No. 9, 1 November, 1995, p. 5633-5637、H.Riege, Electron emission
- 25 ferroelectrics a review, Nucl. Instr. and Meth. A340, p. 80-89（1994）にて諸説が述べられている。

しかしながら、上述した発光装置では、電子放出素子から放出された電子をコレクタ電極による電界で加速させ、前記加速電子を蛍光体に衝突して、励起し、蛍光体発光を行っている。この場合、前記加速電子の走行距離（飛行距離）は極

めて大きいので、真空雰囲気中に存在する気体分子と該加速電子との衝突が発生し易い。これにより、電子放出素子から蛍光体に電子を安定供給することは困難となる。また、加速電子の走行距離が極めて大きいので、発光装置の小型化を図ることができないという問題もある。

- 5     また、電子放出素子とコレクタ電極間のギャップを所定距離に維持するため、発光装置の剛性確保等のために、電子放出素子とコレクタ電極間にスペーサが設けられる場合が多い。このような場合、加速電子の一部が前記スペーサに衝突し、該スペーサが負に帯電するおそれがある。前記スペーサの帯電により、電子放出素子とコレクタ電極との間の電界分布、即ち、電子放出素子から放出された電子をコレクタ電極に向かわせるための電界分布が変化し、電子ビームによる蛍光体励起が正確に行えなくなつて、画質不良やクロストークを招くおそれがある。

また、真空雰囲気中のプラズマで生成された正イオンが、カソード電極に衝突して、該カソード電極が損傷を受ける、いわゆるイオンボンバード現象も発生するおそれがある。

- 15    上述した従来発光装置においては、誘電体の表面、誘電体と上部電極との界面、誘電体内部の欠陥準位に拘束された電子を誘電体の分極反転によって放出するようにしている。つまり、誘電体にて分極反転さえ起きれば、印加電圧パルスの電圧レベルに依存せず、放出電子量はほぼ一定となる。

- 20    しかしながら、電子放出が安定せず、電子放出回数はたかだか数万回程度までであり、実用性に乏しいという問題がある。

#### 発明の概要

- 25    本発明はこのような課題を考慮してなされたものであり、誘電体にて構成されたエミッタとなる物質を有する発光装置において、電子放出素子から放出された電子をコレクタ電極を用いることなく蛍光体に衝突させて、該蛍光体を励起し、発光させることができ、薄型化、軽量化、コストの低廉化等を有効に図ることができる発光装置を提供することを目的とする。

本発明に係る発光装置は、真空雰囲気中に設置され、かつ、誘電体で構成されたエミッタとなる物質と、前記エミッタとなる物質に接して形成された第1の電

極、第 2 の電極及び蛍光体とを具備し、前記第 1 の電極と前記第 2 の電極間に駆動電圧が印加されることによって、少なくとも前記エミッタとなる物質の一部が分極反転あるいは分極変化されることで、少なくとも前記第 1 の電極から電子放出が行われ、前記放出される電子が前記蛍光体に衝突されることによって前記蛍光体を励起し、発光させることを特徴とする。前記エミッタとなる物質は、圧電材料、反強誘電体材料又は電歪材料にて構成することができる。

この発明においては、代表的に 2 つの構成例が考えられる。第 1 の構成例は、前記エミッタとなる物質の第 1 の面に前記第 1 の電極及び前記蛍光体が形成され、前記エミッタとなる物質の第 2 の面に前記第 2 の電極が形成される。

10 第 2 の構成例は、前記エミッタとなる物質の主面（前記第 1 の面）に、前記第 1 の電極及び前記第 2 の電極が形成され、前記第 1 の電極と前記第 2 の電極との間にスリットが形成され、前記蛍光体が、少なくとも前記スリット内に形成される。この場合、前記第 1 の電極と前記蛍光体との間、及び／又は前記第 2 の電極と前記蛍光体との間において、前記エミッタとなる物質が一部露出しているてもよい。

15 これら第 1 の構成例及び第 2 の構成例において、前記第 1 の電極の電位が前記第 2 の電極の電位よりも高い第 1 の電圧を前記第 1 の電極と前記第 2 の電極間に印加して前記エミッタとなる物質を分極する準備期間と、前記第 1 の電極の電位が前記第 2 の電極の電位よりも低い第 2 の電圧を前記第 1 の電極と前記第 2 の電極間に印加して前記エミッタとなる物質を分極反転あるいは分極変化させて電子を放出させる電子放出期間とを 1 ステップとしたとき、該 1 ステップが繰り返されるようにしてもよい。

25 つまり、前記 1 ステップにおける前記電子放出期間に、前記第 1 の電極のうち、前記第 1 の電極、前記エミッタとなる物質及び真空雰囲気による 3 重点の近傍の部分から電子が放出され、該放出された電子が前記蛍光体に衝突して、該蛍光体から光が発光されることとなる。

あるいは、前記 1 ステップにおける前記電子放出期間に、前記第 1 の電極のうち、前記 3 重点の近傍の部分から電子が放出され、前記放出された電子が前記エミッタとなる物質の表面で反射して、前記反射した電子が前記蛍光体に衝突する

ことにより、該蛍光体から光が発光されることとなる。

あるいはまた、前記1ステップにおける前記電子放出期間に、前記第1の電極のうち、前記3重点の近傍の部分から電子が放出され、前記放出された電子が前記エミッタとなる物質の表面に衝突して二次電子を放出し、前記二次電子電子が  
5 前記蛍光体に衝突することにより、該蛍光体から光が発光されることとなる。

特に、第2の構成例では、前記第1の電極の電位が前記第2の電極の電位よりも高い第1の電圧を前記第1の電極と前記第2の電極間に印加して前記エミッタとなる物質を分極する準備期間と、前記第1の電極の電位が前記第2の電極の電位よりも低い第2の電圧を前記第1の電極と前記第2の電極間に印加して前記エ  
10 ミッタとなる物質を分極反転させて前記第1の電極から電子を放出させる電子放出期間とを1ステップとし、該1ステップを1以上含むサイクルを第1のサイクルとし、前記第2の電圧を前記第1の電極と前記第2の電極間に印加して前記エミッタとなる物質を分極する準備期間と、前記第1の電圧を前記第1の電極と前記第2の電極間に印加して前記エミッタとなる物質を分極反転させて前記第2の  
15 電極から電子を放出させる電子放出期間とを1ステップとし、該1ステップを1以上含むサイクルを第2のサイクルとしたとき、前記第1のサイクルと前記第2のサイクルとが任意に切り換えられるようにしてもよい。

この場合、前記第1のサイクルの前記1ステップにおける前記電子放出期間に、前記第1の電極のうち、前記第1の電極、前記エミッタとなる物質及び真空雰囲気  
20 気による3重点の近傍の部分から電子が放出され、該放出された電子が前記蛍光体に衝突して、該蛍光体から光が発光され、前記第2のサイクルの前記1ステップにおける前記電子放出期間に、前記第2の電極のうち、前記第2の電極、前記エミッタとなる物質及び真空雰囲気による3重点の近傍の部分から電子が放出され、該放出された電子が前記蛍光体に衝突して、該蛍光体から光が発光される。

あるいは、前記第1のサイクルの前記1ステップにおける前記電子放出期間に、前記第1の電極のうち、前記3重点の近傍の部分から電子が放出され、前記放出された電子が前記エミッタとなる物質の表面で反射して、前記反射した電子が前記  
25 蛍光体に衝突することにより、該蛍光体から光が発光され、前記第2のサイクルの前記1ステップにおける前記電子放出期間に、前記第2の電極のうち、前記

3 重点の近傍の部分から電子が放出され、前記放出された電子が前記エミッタとなる物質の表面で反射して、前記反射した電子が前記蛍光体に衝突することにより、該蛍光体から光が発光されることとなる。

あるいはまた、前記第1のサイクルの前記1ステップにおける前記電子放出期間に、前記第1の電極のうち、前記3重点の近傍の部分から電子が放出され、前記放出された電子が前記エミッタとなる物質の表面に衝突して二次電子を放出し、前記二次電子が前記蛍光体に衝突することにより、該蛍光体から光が発光され、前記第2のサイクルの前記1ステップにおける前記電子放出期間に、前記第2の電極のうち、前記3重点の近傍の部分から電子が放出され、前記放出された電子が前記エミッタとなる物質の表面に衝突して二次電子を放出し、前記二次電子が前記蛍光体に衝突することにより、該蛍光体から光が発光されることとなる。

10 15 このように、本発明に係る発光装置においては、前記第1の電極又は第2の電極あるいはエミッタとなる物質の表面から放出された電子が、前記第1の電極に近接して形成された蛍光体に衝突し、これにより、該蛍光体が励起して発光することとなる。

従って、別途コレクタ電極を設ける必要がない。その結果、発光装置の薄型化、軽量化、コストの低廉化等を有効に図ることができる。

また、第1の電極又は第2の電極の電子放出部位から蛍光体までの距離が短い  
20 ため、例えば真空雰囲気の真空度を2000Paという低真空にしても、放出電子のほとんどが気体分子に衝突せずに蛍光体まで到達することになり、発光輝度として必要な蛍光体に対する電子の衝突量を確保することができる。もちろん、高輝度を得るには、 $10^{-3}$ Pa以下の高真空が好ましい。

ところで、第1の構成例において、前記エミッタとなる部分の近傍には、該エミッタとなる物質の一部が蒸散した結果生じた原子が浮遊している。一方、第2の構成例において、正電圧が印加される電極（例えば第2の電極）の近傍には、  
25 該第2の電極やエミッタとなる物質の一部が蒸散した結果生じた原子が浮遊している。

このような場合に、例えばコレクタ電極が存在していれば、放出電子がコレクタ電極に向かう経路において、前記気体や前記原子等を止イオンと電子に電離す



ることになる。そして、この電離によって発生した電子が更に前記気体や前記原子等を電離するため、指数関数的に電子が増え、これが進行して電子と正イオンが中性的に存在すると局所プラズマとなる。生成された正イオンは、エミッタとなる物質や負電圧が印加されている電極（例えば第1の電極）に衝突して、エミッタとなる物質や第1の電極を損傷させる場合がある（イオンボンバード現象）。

しかし、本発明では、コレクタ電極がなく、しかも、放出電子の加速飛行距離が短いことから、放出電子によって、エミッタとなる物質や第2の電極の近傍に存在する気体又はエミッタとなる物質や第2の電極を構成する原子等を正イオンと電子に電離することがほとんどなくなる。その結果、真空雰囲気中における正イオンの生成箇所が減少し、イオンボンバード現象によるエミッタとなる物質や第1の電極の損傷といった問題を回避することができる。

また、複数の発光装置を配列して、1つのディスプレイを構成した場合に、各発光装置は、第1の電極又は第2の電極の電子放出部位から蛍光体までの距離が短く、放出電子の加速飛行距離が短いことから、隣接する発光装置の蛍光体に衝突するということがなくなる。すなわち、発光装置間のクロストークがない。

複数の発光装置を配列し、表示パネルを設置して1つのディスプレイを構成した場合に、表示パネルを含むディスプレイの剛性の確保や発光装置と表示パネル間のギャップを所定距離に維持するために、発光装置と表示パネル間に1以上のスペーサが介在される場合がある。このような場合でも、発光装置から放出された電子がスペーサまで飛行するということがないため、スペーサでの帯電はほとんど発生しない。また、何らかの原因でスペーサに帯電が生じ、発光装置とスペーサ間で不要な電界分布が発生したとしても、放出電子の加速飛行距離が短いため、このような不要な電界分布による影響を受けることがない。

このように、本発明においては、誘電体にて構成されたエミッタとなる物質を有する発光装置において、電子放出素子から放出された電子をコレクタ電極を用いることなく蛍光体に衝突させて、該蛍光体を励起し、発光させることができ、薄型化、軽量化、コストの低廉化等を有効に図ることができる。

そして、前記第1の構成例において、前記第1の電極の外周縁と前記蛍光体の内周縁とが対峙するように形成、すなわち、第1の電極の外周縁を蛍光体で囲む

5 ように形成されてもよい。この場合、第1の電極の外周部分が電子の放出に寄与することになるため、発光量を増大させることができる。しかも、第1の電極の面積や平面から見た投影形状を適宜選択することで、前記発光量と、第1の電極と第2の電極間の静電容量の最適化を図ることができ、消費電力の低減で、かつ、発光量の増大を効率よく図ることができる。

また、前記構成において、前記蛍光体の外周縁と前記第1の電極の内周縁とが対峙するように形成されていてもよい。特に、前記第1の電極の外周縁と前記蛍光体の内周縁とが対峙する構成と組み合わせることで、最小消費電力で、かつ、最大発光量を実現させることも可能となる。

10 また、前記構成において、前記第1の電極と前記第2の電極を平面から見た場合の各投影形状で比較したとき、前記第2の電極の投影形状は、前記第1の電極の投影形状の周縁よりかはみ出した部分を有するようにしてもよい。なお、前記第1の電極の投影形状と前記第2の電極の投影形状は互い相似形であってもよい。

15 これにより、エミッタとなる物質のうち、第2の電極がはみ出した部分に対応する部位での分極反転もしくは分極変化を生じ易くさせることができる。従って、はみ出した部分から第1の電極の周縁に向けて電界が集中することになるため、上述した3重点近傍から電子が放出し易くなる。

20 前記はみ出した部分が大きいほど、前記3重点での電界集中が増加するため、前記はみ出した部分の最大長さは1  $\mu\text{m}$ 以上であることが好ましい。但し、電界集中の増加量はある一定レベルで飽和状態になるため、前記はみ出した部分の最大長さは、発光装置自体の小型化に影響が出ない長さ、つまり、500  $\mu\text{m}$ 以下であることが好ましい。

25 一方、第2の構成例においては、前記第1の電極の外周縁と前記蛍光体の内周縁とが対峙するように形成、すなわち、第1の電極の外周縁を蛍光体で囲むように形成されてもよい。更に、前記蛍光体の外周縁と前記第2の電極の内周縁とが対峙するように形成、すなわち、蛍光体の外周縁を第2の電極で囲むように形成されてもよい。

あるいは、前記第2の電極の外周縁と前記蛍光体の内周縁とが対峙するように形成、すなわち、第2の電極の外周縁を蛍光体で囲むように形成されてもよい。

更に、前記蛍光体の外周縁と前記第 1 の電極の内周縁とが対峙するように形成、すなわち、蛍光体の外周縁を第 1 の電極で囲むように形成されてもよい。

また、これらの構成において、前記蛍光体で前記第 2 の電極を覆うように形成するようにしてもよい。この場合、蛍光体自体がいわゆる帯電膜としての機能を果たすことになる。すなわち、放出電子の一部が第 2 の電極に引かれると、蛍光体の表面を負極性に帯電させる。これにより、第 2 の電極の正極性が弱められ、第 1 の電極と第 2 の電極間の電界の強さが小さくなり、瞬時に電離が停止することになる。これにより、電子放出時における第 1 の電極と第 2 の電極間の電圧の変化はほとんどない。そのため、正イオンの発生はほとんどなく、正イオンによる第 1 の電極の損傷を防止することができ、電子放出素子の長寿命化において有利となる。また、第 2 の電極を覆うように形成された蛍光体は、第 2 の電極の保護膜としても機能する。

以上説明したように、本発明に係る発光装置によれば、誘電体にて構成されたエミッタとなる物質を有する発光装置において、電子放出素子から放出された電子をコレクタ電極を用いることなく蛍光体に衝突させて、該蛍光体を励起し、発光させることができ、薄型化、軽量化、コストの低廉化等を有効に図ることができる。

添付した図面と協同する次の好適な実施の形態例の説明から、上記の目的及び他の目的、特徴及び利点がより明らかになるであろう。

20

#### 図面の簡単な説明

図 1 は、第 1 の実施の形態に係る発光装置を示す構成図である。

図 2 は、第 1 の実施の形態に係る発光装置を示す平面図である。

図 3 は、第 1 の実施の形態に係る発光装置の第 1 の変形例の電極部分を示す平面図である。

図 4 は、第 1 の実施の形態に係る発光装置の第 2 の変形例の電極部分を示す平面図である。

図 5 は、第 1 の実施の形態に係る発光装置の第 3 の変形例の電極部分を示す平面図である。



図6は、パルス発生源から出力される駆動電圧を示す波形図である。

図7は、第1の電圧を印加した際の作用を示す説明図である。

図8は、第1の実施の形態に係る発光装置において、蛍光体への1次電子の直接衝突による発光作用を示す説明図である。

- 5 図9は、第1の実施の形態に係る発光装置において、蛍光体への反射電子の衝突による発光作用を示す説明図である。

図10は、第2の実施の形態に係る発光装置を第1の駆動方法と共に示す構成図である。

図11は、第2の実施の形態に係る発光装置を示す平面図である。

- 10 図12は、第2の実施の形態に係る発光装置において、蛍光体への1次電子の直接衝突による発光作用を示す説明図である。

図13は、第2の実施の形態に係る発光装置において、蛍光体への反射電子の衝突による発光作用を示す説明図である。

- 15 図14は、第2の実施の形態に係る発光装置を第2の駆動方法と共に示す構成図である。

図15Aは、第1のパルス発生源から出力される駆動電圧を示す波形図である。

図15Bは、第2のパルス発生源から出力される駆動電圧を示す波形図である。

図15Cは、第1のパルス発生回路から出力される駆動電圧を示す波形図である。

- 20 図15Dは、第2のパルス発生回路から出力される駆動電圧を示す波形図である。

図16は、第3の実施の形態に係る発光装置を示す構成図である。

図17は、第3の実施の形態に係る発光装置を示す平面図である。

- 25 図18は、第3の実施の形態に係る発光装置における発光作用を示す説明図である。

#### 好ましい実施の形態例の記述

以下、本発明に係る発光装置の実施の形態例を図1～図18を参照しながら説明する。

まず、本実施の形態に係る発光装置は、ディスプレイとしての用途のほか、電子線照射装置、光源、LEDの代替用途、電子部品製造装置に適用することができる。

5 電子線照射装置における電子線は、現在普及している紫外線照射装置における紫外線に比べ、高エネルギーで吸収性能に優れる。適用例としては、半導体製造装置では、ウェハーを重ねる際における絶縁膜を固化する用途、印刷の乾燥では、印刷インキを乾かす硬化する用途や、医療機器をパッケージに入れたまま殺菌する用途等がある。

10 光源としての用途は、高輝度、高効率仕様向けであって、例えば超高圧水銀ランプ等が使用されるプロジェクタの光源用途等がある。本実施の形態に係る電子パルス放出装置を光源に適用した場合、小型化、長寿命、高速点灯、水銀フリーによる環境負荷低減という特徴を有する。

15 LEDの代替用途としては、屋内照明、自動車用ランプ、信号機等の面光源用途や、チップ光源、信号機、携帯電話向けの小型液晶ディスプレイのバックライト等がある。

電子部品製造装置の用途としては、電子ビーム蒸着装置等の成膜装置の電子ビーム源、プラズマCVD装置におけるプラズマ生成用（ガス等の活性化用）電子源、ガス分解用途の電子源などがある。また、テラHz駆動の高速スイッチング素子、大電流出力素子といった真空マイクロデバイス用途もある。他に、プリンタ用部品、つまり、感光ドラムを感光させる発光デバイスや、誘電体を帯電させるための電子源としても好ましく用いられる。

電子回路部品としては、大電流出力化、高増幅率化が可能であることから、スイッチ、リレー、ダイオード等のデジタル素子、オペアンプ等のアナログ素子への用途がある。

25 そして、第1の実施の形態に係る発光装置10Aは、図1に示すように、板状のエミッタ部（エミッタとなる物質）14と、該エミッタ部14の表面に形成された第1の電極（カソード電極）16と、エミッタ部14の裏面に形成された第2の電極（アノード電極）20と、カソード電極16とアノード電極20間に、抵抗R1を介して駆動電圧 $V_a$ を印加するパルス発生源22とを有する。

図1の例では、アノード電極20を抵抗R2を介してGND（グラウンド）に接続することにより、該アノード電極20の電位をゼロにした場合を示しているが、もちろん、ゼロ電位以外の電位にしてもかまわない。なお、カソード電極16とアノード電極20間への駆動電圧 $V_a$ の印加は、例えば図2に示すように、カソード電極16に延びるリード電極17とアノード電極20に延びるリード電極21を通じて行われる。

そして、この発光装置10Aは、エミッタ部14の表面に、カソード電極16と接触しない位置で、且つ、できる限りカソード電極16と近接した位置に蛍光体28が形成される。

10 また、第1の実施の形態に係る発光装置10Aは、当然のことながら、真空空間内に配置される。この発光装置10Aは、図1に示すように、電界集中ポイントAが存在するが、ポイントAは、カソード電極16／エミッタ部14／真空が1つのポイントに存在する3重点を含むポイントとしても定義することができる。

そして、雰囲気中の真空度は、 $2000 \sim 10^{-6} \text{ Pa}$ が好ましく、より好ましくは $10^{-3} \sim 10^{-9} \text{ Pa}$ である。

15 このような範囲を選んだ理由は、 $2000 \text{ Pa}$ を超える低真空では、空間内に気体分子が多いため、十分な輝度を得ることができなくおそれがある。 $10^{-6} \text{ Pa}$ よりも低い高真空では、電界集中ポイントAから電子を放出し易いものの、構造体の支持、及び真空のシール部が大きくなり、小型化に不利になるという問題があるからである。

20 ここで、エミッタ部14は誘電体にて構成される。誘電体は、好適には、比誘電率が比較的高い、例えば1000以上の誘電体を採用することができる。このような誘電体としては、チタン酸バリウム他に、ジルコン酸鉛、マグネシウムニオブ酸鉛、ニッケルニオブ酸鉛、亜鉛ニオブ酸鉛、マンガンニオブ酸鉛、マグネシウムタンタル酸鉛、ニッケルタンタル酸鉛、アンチモンスズ酸鉛、チタン酸  
25 鉛、マグネシウムタングステン酸鉛、コバルトニオブ酸鉛等、又はこれらの任意の組み合わせを含有するセラミックスや、主成分がこれらの化合物を50重量%以上含有するものや、前記セラミックスに対して更にランタン、カルシウム、ストロンチウム、モリブデン、タングステン、バリウム、ニオブ、亜鉛、ニッケル、

マンガン等の酸化物、もしくはこれらのいずれかの組み合わせ、又は他の化合物を適切に添加したもの等を挙げることができる。

例えば、マグネシウムニオブ酸鉛 (PMN) とチタン酸鉛 (PT) の2成分系  $n\text{PMN}-m\text{PT}$  ( $n, m$ をモル数比とする) においては、PMNのモル数比を大きくすると、キュリー点が下げられて、室温での比誘電率を大きくすることができる。

特に、 $n=0.85\sim 1.0$ 、 $m=1.0-n$ では比誘電率3000以上となり好ましい。例えば、 $n=0.91$ 、 $m=0.09$ では室温の比誘電率15000が得られ、 $n=0.95$ 、 $m=0.05$ では室温の比誘電率20000が得られる。

次に、マグネシウムニオブ酸鉛 (PMN)、チタン酸鉛 (PT)、ジルコン酸鉛 (PZ) の3成分系では、PMNのモル数比を大きくする他に、正方晶と擬立方晶又は正方晶と菱面体晶のモルフトロピック相境界 (MPB: **Morphotropic Phase Boundary**) 付近の組成とすることが比誘電率を大きくするのに好ましい。例えば、 $\text{PMN}:\text{PT}:\text{PZ}=0.375:0.375:0.25$ にて比誘電率5500、 $\text{PMN}:\text{PT}:\text{PZ}=0.5:0.375:0.125$ にて比誘電率4500となり、特に好ましい。更に、絶縁性が確保できる範囲内でこれらの誘電体に白金のような金属を混入して、誘電率を向上させるのが好ましい。この場合、例えば、誘電体に白金を重量比で20%混入させるとよい。

また、エミッタ部14は、上述したように、圧電/電歪層や反強誘電体層等を用いることができるが、エミッタ部14として圧電/電歪層を用いる場合、該圧電/電歪層としては、例えば、ジルコン酸鉛、マグネシウムニオブ酸鉛、ニッケルニオブ酸鉛、亜鉛ニオブ酸鉛、マンガンニオブ酸鉛、マグネシウムタンタル酸鉛、ニッケルタンタル酸鉛、アンチモンスズ酸鉛、チタン酸鉛、チタン酸バリウム、マグネシウムタングステン酸鉛、コバルトニオブ酸鉛等、又はこれらのいずれかの組み合わせを含有するセラミックスが挙げられる。

主成分がこれらの化合物を50重量%以上含有するものであってもよいことはいふまでもない。また、前記セラミックスのうち、ジルコン酸鉛を含有するセラ

ミックスは、エミッタ部14を構成する圧電／電歪層の構成材料として最も使用頻度が高い。

また、圧電／電歪層をセラミックスにて構成する場合、前記セラミックスに、更に、ランタン、カルシウム、ストロンチウム、モリブデン、タングステン、バリウム、ニオブ、亜鉛、ニッケル、マンガン等の酸化物、もしくはこれらのいずれかの組み合わせ、又は他の化合物を、適宜、添加したセラミックスを用いてもよい。

例えば、マグネシウムニオブ酸鉛とジルコン酸鉛及びチタン酸鉛とからなる成分を主成分とし、更にランタンやストロンチウムを含有するセラミックスを用いることが好ましい。

圧電／電歪層は、緻密であっても、多孔質であってもよく、多孔質の場合、その気孔率は40%以下であることが好ましい。

エミッタ部14として反強誘電体層を用いる場合、該反強誘電体層としては、ジルコン酸鉛を主成分とするもの、ジルコン酸鉛とスズ酸鉛とからなる成分を主成分とするもの、更にはジルコン酸鉛に酸化ランタンを添加したもの、ジルコン酸鉛とスズ酸鉛とからなる成分に対してジルコン酸鉛やニオブ酸鉛を添加したものが望ましい。

また、この反強誘電体膜は、多孔質であってもよく、多孔質の場合、その気孔率は30%以下であることが望ましい。

更に、エミッタ部14にタンタル酸ビスマス酸ストロンチウムを用いた場合、分極反転疲労が小さく好ましい。このような分極反転疲労が小さい材料は、層状強誘電体化合物で、 $(\text{BiO}_3)^{2+}(\text{A}_{m-1}\text{B}_m\text{O}_{3m+1})^{2-}$ という一般式で表される。ここで、金属Aのイオンは、 $\text{Ca}^{2+}$ 、 $\text{Sr}^{2+}$ 、 $\text{Ba}^{2+}$ 、 $\text{Pb}^{2+}$ 、 $\text{Bi}^{3+}$ 、 $\text{La}^{3+}$ 等であり、金属Bのイオンは、 $\text{Ti}^{4+}$ 、 $\text{Ta}^{5+}$ 、 $\text{Nb}^{5+}$ 等である。

また、圧電／電歪／反強誘電体セラミックスに、例えば鉛ホウケイ酸ガラス等のガラス成分や、他の低融点化合物（例えば酸化ビスマス等）を混ぜることによって、焼成温度を下げるができる。

また、エミッタ部14に非鉛系の材料を使用する等により、エミッタ部14を融点もしくは蒸散温度の高い材料とすることで、電子もしくはイオンの衝突に対



し損傷しにくくなる。

- ここで、カソード電極16とアノード電極20間のエミッタ部14の厚さ $h$  (図1参照)の大きさについて説明すると、カソード電極16とアノード電極20間の電圧(パルス発生源22から出力される駆動電圧 $V_a$ がカソード電極16とアノード電極20間に印加されることによって、該カソード電極16とアノード電極20間に現れる電圧)を $V_{ak}$ としたとき、 $E = V_{ak}/h$ で表される電界 $E$ で分極反転あるいは分極変化が行われるように、前記厚さ $h$ を設定することが好ましい。つまり、前記厚さ $h$ が小さいほど、低電圧で分極反転あるいは分極変化が可能となり、低電圧駆動(例えば100V未満)で電子放出が可能となる。
- 10 カソード電極16は、以下に示す材料にて構成される。即ち、スパッタ率が小さく、真空中での蒸発温度が大きい導体が好ましい。例えば、 $Ar^+$ で600Vにおけるスパッタ率が2.0以下で、蒸気圧 $1.3 \times 10^{-3} Pa$ となる温度が1800K以上のものが好ましく、白金、セリブデン、タングステン等がこれに該当する。また、高温酸化雰囲気に対して耐性を有する導体、例えば金属単体、
- 15 合金、絶縁性セラミックスと金属単体との混合物、絶縁性セラミックスと合金との混合物等によって構成され、好適には、白金、イリジウム、パラジウム、ロジウムの混合物等によって構成され、好適には、白金、イリジウム、パラジウム、ロジウムの混合物等の高融点貴金属や、銀-パラジウム、銀-白金、白金-パラジウム等の合金を主成分とするものや、白金とセラミック材料とのサーメット材料によって構成される。更に好適には、白金のみ又は白金系の合金を主成分とする材料によって構成される。また、電極として、カーボン、グラファイト系の材料、例えば、ダイヤモンド薄膜、ダイヤモンドフイクカーボン、カーボンナノチューブも好適に使用される。なお、電極材料中に添加されるセラミック材料の割合は、5~30体積%程度が好適である。
- 20

- 更に、焼成後に薄い膜が得られる有機金属ペースト、例えば白金レジネートペースト等の材料を用いることが好ましい。また、分極反転疲労を抑制する酸化物電極、例えば酸化ルテニウム、酸化イリジウム、ルテニウム酸ストロンチウム、 $La_{1-x}Sr_xCoO_3$  (例えば $x=0.3$ や $0.5$ )、 $La_{1-x}Ca_xMnO_3$ 、 $La_{1-x}Ca_xMn_{1-y}Co_yO_3$  (例えば $x=0.2$ 、 $y=0.05$ )、もしくはこれらを例えば白金レジネートペーストに混ぜたものが好ましい。
- 25

- カソード電極 16 は、上記材料を用いて、スクリーン印刷、スプレー、コーティング、ディッピング、塗布、電気泳動法等の各種の厚膜形成法や、スパッタリング法、イオンビーム法、真空蒸着法、イオンプレーティング法、化学気相成長法 (CVD)、めっき等の各種の薄膜形成法による通常の膜形成法に従って形成
- 5 することができ、好適には、前者の厚膜形成法によって形成するとよい。
- カソード電極 16 の厚み  $t_c$  (図 1 参照) は、 $20\text{ }\mu\text{m}$  以下であるとよく、好適には  $5\text{ }\mu\text{m}$  以下であるとよい。従って、カソード電極 16 の厚み  $t_c$  を  $100\text{ nm}$  以下にしてもよい。特に、カソード電極 16 の厚み  $t_c$  を極薄 ( $10\text{ nm}$  以下) とした場合には、該カソード電極 16 とエミッタ部 14 との界面から電子が
- 10 放出されることになり、電子放出効率を更に向上させることができる。
- 一方、アノード電極 20 は、カソード電極 16 と同様の材料及び方法によって形成されるが、好適には上記厚膜形成法によって形成する。アノード電極 20 の厚さも、 $20\text{ }\mu\text{m}$  以下であるとよく、好適には  $5\text{ }\mu\text{m}$  以下であるとよい。
- エミッタ部 14、カソード電極 16 及びアノード電極 20 をそれぞれ形成する
- 15 たびに熱処理 (焼成処理) することで、一体構造にすることができる。なお、カソード電極 16 及びアノード電極 20 の形成方法によっては、一体化のための熱処理 (焼成処理) を必要としない場合もある。
- エミッタ部 14、カソード電極 16 及びアノード電極 20 を一体化させるため
- 20 の焼成処理に係る温度としては、 $500\sim 1400^\circ\text{C}$  の範囲、好適には、 $1000\sim 1400^\circ\text{C}$  の範囲とするとよい。更に、膜状のエミッタ部 14 を熱処理する場合、高温時にエミッタ部 14 の組成が不安定にならないように、エミッタ部 14 の蒸発源と共に雰囲気制御を行いながら焼成処理を行うことが好ましい。
- また、エミッタ部 14 を適切な部材によって被覆し、エミッタ部 14 の表面が焼成雰囲気
- 25 ところに、カソード電極 16 を平面から見た投影形状は、図 2 に示すように、細長い矩形状となっている。また、このカソード電極 16 は、該カソード電極 16 の外周縁と蛍光体 28 の内周縁とが対峙するように形成、すなわち、カソード電極 16 の外周縁を蛍光体 28 で囲むように形成されている。一方、アノード電極 20 を平面から見た投影形状は、カソード電極 16 よりも面積の大きい長方形

状となっており、カソード電極 16 の投影形状が、アノード電極 20 の投影形状内に完全に含まれた形となっている。

つまり、アノード電極 20 の投影形状は、カソード電極 16 の投影形状の周縁よりもはみ出した部分 20 a を有する。このはみ出した部分 20 a の最大長さは  
5 1  $\mu\text{m}$  以上、500  $\mu\text{m}$  以下であることが好ましい。

これにより、エミッタ部 14 のうち、アノード電極 20 がはみ出した部分 20 a に対応する部位での分極反転もしくは分極変化を生じ易くさせることができる。従って、はみ出した部分 20 a からカソード電極 16 の周縁に向けて電界が集中することになるため、カソード電極 16 のうち、上述した 3 重点近傍から電子が  
10 放出し易くなる。

しかも、カソード電極 16 の投影形状が、アノード電極 20 の投影形状内に完全に含まれた形となっているため、カソード電極 16 の外周部分が電子の放出に寄与することになり、発光量を増大させることができる。この場合、カソード電極 16 の面積や平面から見た投影形状を適宜選択することで、前記発光量と、カ  
15 ソード電極 16 とアノード電極 20 間の静電容量の最適化を図ることができ、消費電力の低減、かつ、発光量の増大を効率よく図ることができる。

カソード電極 16 やアノード電極 20 の平面から見た投影形状としては、図 3 に示す第 1 の変形例に係る発光装置 10 A a のように、楕円形状としてもよい。この場合、カソード電極 16 の投影形状とアノード電極 20 の投影形状は互い相  
20 似形となっている。

また、図 4 に示す第 2 の変形例に係る発光装置 10 A b のように、カソード電極 16 の投影形状をリング状にし、アノード電極 20 の投影形状を長方形状としてもよい。この場合、中央の蛍光体 28 a の外周縁をカソード電極 16 で囲むように形成され、更に、カソード電極 16 の外周縁を外側の蛍光体 28 b で囲むよ  
25 うに形成されることから、電界集中ポイント A でもあるカソード電極 16 / エミッタ部 14 / 真空の 3 重点をカソード電極 16 の外周だけでなく、カソード電極 16 の内周にも存在させることができ、これにより、電子放出効率を向上させることができる。

また、図 5 に示す第 3 の変形例に係る発光装置 10 A c のように、カソード電

極16の投影形状をくし歯状にし、アノード電極20の投影形状を長方形状としてもよい。この場合、カソード電極16の全体の大きさを変えず、カソード電極16/エミッタ部14/真空の3重点が存在するカソード電極16の外周の長さを大幅に長くすることができることから、電子放出効率を向上させることができる。と共

次に、発光装置10Aの駆動方法について図1、図6～図9を参照しながら説明する。まず、パルス発生源22から出力される駆動電圧 $V_a$ は、図6に示すように、第1の電圧 $V_{a1}$ が出力される期間（準備期間 $T_1$ ）と第2の電圧 $V_{a2}$ が出力される期間（電子放出期間 $T_2$ ）を1ステップとし、該1ステップが繰り返される交流パルスの波形を有する。第1の電圧 $V_{a1}$ は、カソード電極16の電位がアノード電極20の電位よりも高い電圧であり、第2の電圧 $V_{a2}$ は、カソード電極16の電位がアノード電極20の電位よりも低い電圧である。駆動電圧 $V_a$ の振幅 $V_{in}$ は、第1の電圧 $V_{a1}$ から第2の電圧 $V_{a2}$ を差し引いた値（ $=V_{a1}-V_{a2}$ ）で定義することができる。

準備期間 $T_1$ は、図7に示すように、カソード電極16とアノード電極20間に第1の電圧 $V_{a1}$ を印加してエミッタ部14を分極する期間である。第1の電圧 $V_{a1}$ としては、図6に示すように直流電圧でもよいが、1つのパルス電圧もしくはパルス電圧を複数回連続印加するようにしてもよい。ここで、準備期間 $T_1$ は、分極処理を十分に行うために、電子放出期間 $T_2$ よりも長くとることが好ましい。例えば、この準備期間 $T_1$ としては $100\mu\text{sec}$ 以上が好ましい。これは、第1の電圧 $V_{a1}$ の印加時の消費電力及びカソード電極16の損傷を防止する目的で、分極を行うための第1の電圧 $V_{a1}$ の絶対値を、第2の電圧 $V_{a2}$ の絶対値よりも小さく設定しているからである。

また、第1の電圧 $V_{a1}$ 及び第2の電圧 $V_{a2}$ は、各々正負の極性に分極処理を確実に行う電圧レベルであることが好ましく、例えばエミッタ部14の誘電体が抗電圧を有する場合、第1の電圧 $V_{a1}$ 及び第2の電圧 $V_{a2}$ の絶対値は、抗電圧以上であることが好ましい。

電子放出期間 $T_2$ は、カソード電極16とアノード電極20間に第2の電圧 $V_{a2}$ が印加される期間である。カソード電極16とアノード電極20間に第2の

電圧  $V_a 2$  が印加されることによって、図 8 に示すように、少なくともエミッタ部 1 4 の一部が分極反転あるいは分極変化される。ここで、分極反転あるいは分極変化される部位は、カソード電極 1 6 の真下部分はもちろんのこと、真上にカソード電極 1 6 を有しておらず、表面が露出した部分についても、カソード電極 1 6 の近傍では、同様に分極反転あるいは分極変化が行われる。

つまり、カソード電極 1 6 の近傍で、エミッタ部 1 4 の表面が露出した部分は、分極のしみ出しが起きているからである。この分極反転あるいは分極変化によって、カソード電極 1 6 とその近傍の双極子モーメントの正極側とで局所的な集中電界が発生することにより、カソード電極 1 6 から 1 次電子が放出される。

10   そして、図 8 に示すように、互いに対峙するカソード電極 1 6 の外周縁と蛍光体 2 8 の内周縁との間の距離  $L$  が短い場合には、カソード電極 1 6 から放出された前記 1 次電子が蛍光体 2 8 に直接衝突して該蛍光体 2 8 を励起し、外部に蛍光体発光として具現されることになる。なお、カソード電極 1 6 の厚みが極薄（～10 nm）である場合には、該カソード電極 1 6 とエミッタ部 1 4 との界面から  
15   電子が放出され、この放出された電子が蛍光体 2 8 に直接衝突して該蛍光体 2 8 を励起することになる。

また、図 9 に示すように、互いに対峙するカソード電極 1 6 の外周縁と蛍光体 2 8 の内周縁との間の距離  $L$  が長い場合には、カソード電極 1 6 とアノード電極 2 0 間に第 2 の電圧  $V_a 2$  が印加されると、カソード電極 1 6 から放出された 1  
20   次電子はエミッタ部 1 4 の表面で反射して、反射電子として蛍光体 2 8 に衝突する。これにより、蛍光体 2 8 は励起され、外部に蛍光体発光を発光する。この場合、前記放出された 1 次電子が全て反射電子になるものではなく、一部の 1 次電子については、蛍光体 2 8 に直接衝突して該蛍光体 2 8 を励起する場合もある。

また、1 次電子がエミッタ部 1 4 に衝突して該エミッタ部 1 4 より 2 次電子を  
25   放出し、カソード電極 1 6 の表面近傍に形成される電界により加速された前記 2 次電子が蛍光体 2 8 に衝突することにより、該蛍光体 2 8 を励起する場合もある。

ところで、エミッタ部 1 4 から放出された電子が再びエミッタ部 1 4 に衝突したり、エミッタ部 1 4 の表面近傍での電離等によって、該エミッタ部 1 4 が損傷を受け、結晶欠陥が誘発し、構造的にも脆くなるおそれがある。



そこで、エミッタ部14を、真空中での蒸発温度が大きい誘電体で構成することが好ましく、例えばPbを含まないBaTiO<sub>3</sub>等にて構成するようにしてもよい。これにより、エミッタ部14の構成原子がジュール熱によって蒸散しにくくなり、電子による電離の促進を妨げることができる。これは、エミッタ部14  
5 の表面を保護する上で有効となる。

このように、第1の実施の形態に係る発光装置10Aにおいては、カソード電極16から放出された電子が、カソード電極16に近接して形成された蛍光体28に衝突し、これにより、該蛍光体28が励起して発光することとなる。

従って、別途コレクタ電極を設ける必要がない。その結果、発光装置10Aの  
10 薄型化、軽量化、コストの低廉化等を有効に図ることができる。

また、カソード電極16の電子放出部位から蛍光体28までの距離が短いため、例えば真空雰囲気の真空度を2000Paという低真空にしても、放出電子のほとんどが気体分子に衝突せずに蛍光体28まで到達することになり、発光輝度として必要な蛍光体28に対する電子の衝突量を確保することができる。もちろん、  
15 高輝度を得るには、 $10^{-3}$ Pa以下の高真空が好ましい。

ところで、エミッタ部14の近傍には、気体やエミッタ部14の一部が蒸散した結果生じた原子が浮遊している。このような場合に、例えばコレクタ電極が存在していれば、放出電子がコレクタ電極に向かう経路において、前記気体や前記原子等を正イオンと電子に電離することになる。そして、この電離によって発生  
20 した電子が更に前記気体や前記原子等を電離するため、指数関数的に電子が増え、これが進行して電子と正イオンが中性的に存在すると局所プラズマとなる。生成された正イオンは、エミッタ部14やカソード電極16に衝突して、該エミッタ部14やカソード電極16を損傷させる場合がある（イオンボンバード現象）。

しかし、この第1の実施の形態では、コレクタ電極がなく、しかも、放出電子  
25 の加速飛行距離が短いことから、放出電子によって、エミッタ部14の近傍に存在する気体又はエミッタ部14を構成する原子等を正イオンと電子に電離することがほとんどなくなる。その結果、真空雰囲気中における正イオンの生成箇所が減少し、イオンボンバード現象によるエミッタ部14やカソード電極16の損傷といった問題を回避することができる。

また、複数の発光装置 10 A を配列して、1 つのディスプレイを構成した場合に、各発光装置 10 A は、カソード電極 16 の電子放出部位から蛍光体 28 までの距離が短く、放出電子の加速飛行距離が短いことから、隣接する発光装置 10 A の蛍光体に衝突するということがない。すなわち、発光装置間のクロストークがない。

前記ディスプレイを構成する場合、表示パネルを含むディスプレイの剛性の確保や発光装置 10 A と表示パネル間のギャップを所定距離に維持するために、発光装置 10 A と表示パネル間に 1 以上のスペーサが介在される場合がある。このような場合でも、発光装置 10 A から放出された電子がスペーサまで飛行するということがないため、スペーサでの帯電はほとんど発生しない。また、何らかの原因でスペーサに帯電が生じ、発光装置 10 A とスペーサ間で不要な電界分布が発生したとしても、放出電子の加速飛行距離が短いため、このような不要な電界分布による影響を受けることがない。

このように、第 1 の実施の形態に係る発光装置 10 A においては、カソード電極 16 から放出された電子をコレクタ電極を用いることなく、エミッタ部 14 上の蛍光体 28 に衝突させて、該蛍光体 28 を励起し、発光させることができ、薄型化、軽量化、コストの低廉化等を有効に図ることができる。

次に、第 2 の実施の形態に係る発光装置 10 B について図 10 ～図 15 D を参照しながら説明する。

この第 2 の実施の形態に係る発光装置 10 B は、図 10 及び図 11 に示すように、上述した第 1 の実施の形態に係る発光装置 10 A とほぼ同様の構成を有するが、カソード電極 16 及びアノード電極 20 が、エミッタ部 14 の主面にそれぞれ接して形成されて、カソード電極 16 とアノード電極 20 との間にスリット 30 が形成されている点と、蛍光体 28 が、少なくともスリット 30 内に形成されている点で異なる。この場合、カソード電極 16 と蛍光体 28 との間、並びにアノード電極 20 と蛍光体 28 との間において、エミッタ部 14 が一部露出している。従って、この第 2 の実施の形態では、電界集中ポイント A の他に、アノード電極 20 / エミッタ部 14 / 真空からなる電界集中ポイント B が存在することとなる。

また、この第2の実施の形態では、図11に示すように、カソード電極16の外周縁と蛍光体28の内周縁とが対峙するように形成、すなわち、カソード電極16の外周縁を蛍光体28で囲むように形成され、更に、蛍光体28の外周縁とアノード電極20の内周縁とが対峙するように形成、すなわち、蛍光体28の外周縁をアノード電極20で囲むように形成されている。

もちろん、図11において、括弧書きの参照符号に示すように、アノード電極20の外周縁と蛍光体28の内周縁とが対峙するように形成、すなわち、アノード電極20の外周縁を蛍光体28で囲むように形成され、更に、蛍光体28の外周縁とカソード電極16の内周縁とが対峙するように形成、すなわち、蛍光体28の外周縁をカソード電極16で囲むように形成されてもよい。

ここで、カソード電極16とアノード電極20間のスリットの幅 $d$ （図11参照）の大きさについて説明すると、カソード電極16とアノード電極20間の電圧を $V_{ak}$ としたとき、 $E = V_{ak} / d$ で表される電界 $E$ で分極反転あるいは分極変化が行われるように、前記幅 $d$ を設定することが好ましい。つまり、前記幅 $d$ が小さいほど、低電圧で分極反転あるいは分極変化が可能となり、低電圧駆動（例えば100V未満）で電子放出が可能となる。

次に、発光装置10Bの第1の駆動方法について図6、図7、図10、図12及び図13を参照しながら説明する。この第2の実施の形態においても、図6に示すように、上述した第1の実施の形態と同様に、第1の電圧 $V_{a1}$ が出力される期間（準備期間 $T_1$ ）と第2の電圧 $V_{a2}$ が出力される期間（電子放出期間 $T_2$ ）を1ステップとし、該1ステップが繰り返される。

まず、準備期間 $T_1$ において、図7に示すように、カソード電極16とアノード電極20間に第1の電圧 $V_{a1}$ が印加されることによって、エミッタ部14が一方向に分極されることになる。

その後、電子放出期間 $T_2$ において、カソード電極16とアノード電極20間に第2の電圧 $V_{a2}$ が印加されることによって、図12に示すように、少なくともエミッタ部14の一部（スリット30に対応する部分）が分極反転される。この分極反転によって、カソード電極16とその近傍の双極子モーメントの正極側とで局所的な集中電界が発生することにより、カソード電極16から1次電子が

放出される。

そして、図12に示すように、互いに対峙するカソード電極16の外周縁と蛍光体28の内周縁との間の距離Lが短い場合には、カソード電極16から放出された前記1次電子が蛍光体28に直接衝突して該蛍光体28を励起し、外部に蛍光体発光として具現されることになる。なお、カソード電極16の厚みが極薄（～10nm）である場合には、該カソード電極16とエミッタ部14との界面から電子が放出され、この放出された電子が蛍光体28に直接衝突して該蛍光体28を励起することになる。

また、図13に示すように、互いに対峙するカソード電極16の外周縁と蛍光体28の内周縁との間の距離Lが長い場合には、カソード電極16とアノード電極20間に第2の電圧 $V_a2$ が印加されると、カソード電極16から放出された1次電子はエミッタ部14の表面で反射して、反射電子として蛍光体28に衝突する。これにより、蛍光体28は励起され、外部に蛍光体発光を発光する。この場合、前記放出された1次電子が全て反射電子になるのではなく、一部の1次電子については、蛍光体28に直接衝突して該蛍光体28を励起する場合もある。

また、1次電子がエミッタ部14に衝突して該エミッタ部14より2次電子を放出し、カソード電極16の表面近傍に形成される電界により加速された前記2次電子が蛍光体28に衝突することにより、該蛍光体28を励起する場合もある。

次に、第2の駆動方法について図14～図15Dを参照しながら説明する。こ

の第2の駆動方法は、以下の点で前記第1の駆動方法と異なる。

すなわち、（1）カソード電極16とGND間に駆動電圧を印加するパルス発生源として2つのパルス発生源（第1及び第2のパルス発生源22a及び22b）を有する。（2）これらパルス発生源22a及び22bをスイッチング制御信号 $S_c$ に基づいて切り換える第1のスイッチング回路40を有する。（3）アノード電極20とGND間に駆動電圧を印加するパルス発生回路として2つのパルス発生回路（第1及び第2のパルス発生回路44a及び44b）を有する。（4）これらパルス発生回路44a及び44bを前記スイッチング制御信号 $S_c$ に基づいて切り換える第2のスイッチング回路42を有する。

第1のパルス発生源22aから出力される駆動電圧 $V_{A1}$ は、図15Aに示す

ように、準備期間T1にカソード電極16とGND間に対して第1の電圧V a 1（例えば30V）を印加し、電子放出期間T2にカソード電極16とGND間に対して第2の電圧V a 2（例えば-100V）を印加する電圧波形を有する。

第2のパルス発生源22bから出力される駆動電圧VA2は、図15Bに示す  
5 ように、準備期間T1にカソード電極16とGND間に対して第2の電圧V a 2（例えば-100V）を印加し、電子放出期間T2にカソード電極16とGND間に対して第1の電圧V a 1（例えば30V）を印加する電圧波形を有する。

第1のパルス発生回路44aから出力される駆動電圧VB1は、図15Cに示すように、準備期間T1にアノード電極20とGND間に対して第2の電圧V a  
10 2（例えば-100V）を印加し、電子放出期間T2にアノード電極20とGND間に対して第1の電圧V a 1（例えば30V）を印加する電圧波形を有する。

第2のパルス発生回路44bから出力される駆動電圧VB2は、図15Dに示すように、準備期間T1にアノード電極20とGND間に対して第1の電圧V a  
1（例えば30V）を印加し、電子放出期間T2にアノード電極20とGND間  
15 に対して第2の電圧V a 2（例えば-100V）を印加する電圧波形を有する。

一方、前記第1及び第2のスイッチング回路40及び42は、1つのスイッチング制御信号Scでそれぞれスイッチを切り換える運動型スイッチング回路となっている。スイッチング制御信号Scは、図示しないが、例えばコンピュータやタイマからの指示信号等を用いることができ、この具体例では、スイッチング制  
20 御信号Scの電圧レベル（高レベル及び低レベル）で各スイッチング回路40及び42を切り換えるように設定されている。

そして、スイッチング制御信号Sc（例えば高レベル電圧）の供給によって、第1及び第2のスイッチング回路40及び42がそれぞれ第1のパルス発生源22a及び第1のパルス発生回路44aを選択すると、準備期間T1において、カ  
25 ソード電極16とGND間に対して第1の電圧V a 1が印加され、これによってエミッタ部14が分極され、電子放出期間T2において、カソード電極16とGND間に対して第2の電圧V a 2が印加され、これによってエミッタ部14が分極反転あるいは分極変化されて、カソード電極16から1次電子が放出され、これに伴って蛍光体28が発光する。



これを1ステップとしたとき、スイッチング制御信号S<sub>c</sub>が高レベルの期間にわたって、前記1ステップが1回のみ、あるいは複数回行われて1つのサイクル（第1のサイクル）を構成することになる。

反対に、スイッチング制御信号S<sub>c</sub>（例えば低レベル電圧）の供給によって、  
5 第1及び第2のスイッチング回路40及び42がそれぞれ第2のパルス発生源22b及び第2のパルス発生回路44bを選択すると、準備期間T<sub>1</sub>において、アノード電極20とGND間に対して第1の電圧V<sub>a1</sub>が印加され、これによってエミッタ部14が分極され、電子放出期間T<sub>2</sub>において、アノード電極20とGND間に対して第2の電圧V<sub>a2</sub>が印加され、これによってエミッタ部14が分  
10 極反転されて、アノード電極20から1次電子が放出され、これに伴って蛍光体が発光する。

これを1ステップとしたとき、スイッチング制御信号S<sub>c</sub>が低レベルの期間にわたって、前記1ステップが1回のみ、あるいは複数回行われて1つのサイクル（第2のサイクル）を構成することになる。

15 そして、コンピュータやタイマからの指示に基づいて、第1及び第2のスイッチング回路40及び42にて第1のサイクルと第2のサイクルを例えば1ステップ毎に、あるいは数ステップ毎に任意に切り換えることができる。

この第2の駆動方法においては、第1のサイクルでカソード電極から1次電子を放出させ、第2のサイクルでアノード電極から1次電子を放出させることができ、  
20 き、電子放出効率を更に向上させることができる。

しかも、図11に示すように、カソード電極16の外周縁を蛍光体28で囲むように形成され、更に、蛍光体28の外周縁をアノード電極20で囲むように形成され、あるいは、アノード電極20の外周縁を蛍光体28で囲むように形成され、更に、蛍光体28の外周縁をカソード電極20で囲むように形成されている  
25 ことから、カソード電極16の外周部分とアノード電極20の外周部分を電子の放出に寄与させることができ、発光量を更に増大させることができる。この場合、カソード電極16の面積や平面から見た投影形状を適宜選択することで、前記発光量と、カソード電極16とアノード電極20間の静電容量の最適化を図ることができ、消費電力の低減で、かつ、発光量の増大を効率よく図ることができる。

次に、第3の実施の形態に係る発光装置10Cについて、図16～図18を参照しながら説明する。

第3の実施の形態に係る発光装置10Cは、図16及び図17に示すように、上述した第2の実施の形態に係る発光装置10Bとほぼ同様の構成を有するが、  
5 蛍光体28がアノード電極16の表面を覆うよう形成されている点で異なる。

この場合、蛍光体28自体が、いわゆる帯電膜としての機能と保護膜としての機能を果たすことになる。

ここで、発光装置10Cの駆動方法について図6、図16～図18を参照しながら説明する。この第3の実施の形態においても、図6に示すように、上述した  
10 第1の実施の形態と同様に、第1の電圧 $V_{a1}$ が出力される期間（準備期間 $T_1$ ）と第2の電圧 $V_{a2}$ が出力される期間（電子放出期間 $T_2$ ）を1ステップとし、該1ステップが繰り返される。

まず、準備期間 $T_1$ において、図示しないが、カソード電極16とアノード電極20間に第1の電圧 $V_{a1}$ が印加されることによって、エミッタ部14が一方  
15 向に分極されることになる。

その後、電子放出期間 $T_2$ において、カソード電極16とアノード電極20間に第2の電圧 $V_{a2}$ が印加されることによって、図18に示すように、少なくともエミッタ部14の一部（スリット30に対応する部分）が分極反転される。この分極反転によって、カソード電極16とその近傍の双極子モーメントの正極側  
20 とで局所的な集中電界が発生することにより、カソード電極16から1次電子が放出される。

このとき、放出電子の一部がアノード電極20に引かれると、蛍光体28の表面を負極性に帯電させる。これにより、アノード電極20の正極性が弱められ、カソード電極16とアノード電極20間の電界の強さが小さくなり、瞬時に電離  
25 が停止することになる。これにより、電子放出時におけるカソード電極16とアノード電極20間の電圧の変化はほとんどなくなり、その結果、正イオンの発生はほとんどなく、正イオンによるカソード電極16の損傷を防止することができ、発光装置10Cの長寿命化において有利となる。

なお、本発明に係る発光装置は、上述の実施の形態に限らず、本発明の要旨を

逸脱することなく、種々の構成を探り得ることはもちろんである。

請求の範囲：

1. 真空雰囲気中に設置され、かつ、誘電体で構成されたエミッタとなる物質と、  
前記エミッタとなる物質に接して形成された第1の電極、第2の電極及び蛍光  
5 体とを具備し、  
前記第1の電極と前記第2の電極間に駆動電圧が印加されることによって、少  
なくとも前記エミッタとなる物質の一部が分極反転あるいは分極変化されること  
で、少なくとも前記第1の電極から電子放出が行われ、  
前記放出される電子が前記蛍光体に衝突されることによって前記蛍光体を励起  
10 し、発光させることを特徴とする発光装置。
2. 請求項1記載の発光装置において、  
前記第1の電極及び前記蛍光体は、前記エミッタとなる物質の第1の面に形成  
され、  
15 前記第2の電極は、前記エミッタとなる物質の第2の面に形成されていること  
を特徴とする発光装置。
3. 請求項2記載の発光装置において、  
前記第1の電極の外周縁と前記蛍光体の内周縁とが対峙するように形成されて  
20 いることを特徴とする発光装置。
4. 請求項2記載の発光装置において、  
前記蛍光体の外周縁と前記第1の電極の内周縁とが対峙するように形成されて  
いることを特徴とする発光装置。  
25
5. 請求項2記載の発光装置において、  
前記第1の電極と前記第2の電極を平面から見た場合の各投影形状で比較した  
とき、  
前記第2の電極の投影形状は、前記第1の電極の投影形状の周縁よりもはみ出

した部分を有することを特徴とする発光装置。

6. 請求項5記載の発光装置において、

前記第1の電極の投影形状と前記第2の電極の投影形状が互い相似形であるこ  
5 とを特徴とする発光装置。

7. 請求項5記載の発光装置において、

前記はみ出した部分の最大長さが $1\mu\text{m}$ 以上、 $500\mu\text{m}$ 以下であることを特  
徴とする発光装置。

10

8. 請求項1記載の発光装置において、

前記第1の電極及び前記第2の電極は、前記エミッタとなる物質の主面にそれ  
ぞれ接して形成され、

前記第1の電極と前記第2の電極との間にスリットが形成され、

15 前記蛍光体は、少なくとも前記スリット内に形成されていることを特徴とする  
発光装置。

9. 請求項8記載の発光装置において、

少なくとも前記第1の電極と前記蛍光体との間に前記エミッタとなる物質が一  
20 部露出していることを特徴とする発光装置。

10. 請求項8記載の発光装置において、

前記第1の電極の外周縁と前記蛍光体の内周縁とが対峙するように形成されて  
いることを特徴とする発光装置。

25

11. 請求項10記載の発光装置において、

前記蛍光体の外周縁と前記第2の電極の内周縁とが対峙するように形成されて  
いることを特徴とする発光装置。



- 1 2. 請求項 8 記載の発光装置において、  
前記第 2 の電極の外周縁と前記蛍光体の内周縁とが対峙するように形成されて  
いることを特徴とする発光装置。
- 5 1 3. 請求項 1 2 記載の発光装置において、  
前記蛍光体の外周縁と前記第 1 の電極の内周縁とが対峙するように形成されて  
いることを特徴とする発光装置。
- 10 1 4. 請求項 8 記載の発光装置において、  
前記蛍光体は、前記第 2 の電極を覆うように形成されていることを特徴とする  
発光装置。
- 15 1 5. 請求項 1 記載の発光装置において、  
前記第 1 の電極の電位が前記第 2 の電極の電位よりも高い第 1 の電圧を前記第  
1 の電極と前記第 2 の電極間に印加して前記エミッタとなる物質を分極する準備  
期間と、前記第 1 の電極の電位が前記第 2 の電極の電位よりも低い第 2 の電圧を  
前記第 1 の電極と前記第 2 の電極間に印加して前記エミッタとなる物質を分極反  
転あるいは分極変化させて電子を放出させる電子放出期間とを 1 ステップとした  
とき、該 1 ステップが繰り返されることを特徴とする発光装置。
- 20 1 6. 請求項 8 記載の発光装置において、  
前記第 1 の電極の電位が前記第 2 の電極の電位よりも高い第 1 の電圧を前記第  
1 の電極と前記第 2 の電極間に印加して前記エミッタとなる物質を分極する準備  
期間と、前記第 1 の電極の電位が前記第 2 の電極の電位よりも低い第 2 の電圧を  
25 前記第 1 の電極と前記第 2 の電極間に印加して前記エミッタとなる物質を分極反  
転させて前記第 1 の電極から電子を放出させる電子放出期間とを 1 ステップとし、  
該 1 ステップを 1 以上含むサイクルを第 1 のサイクルとし、  
前記第 2 の電圧を前記第 1 の電極と前記第 2 の電極間に印加して前記エミッタ  
となる物質を分極する準備期間と、前記第 1 の電圧を前記第 1 の電極と前記第 2

の電極間に印加して前記エミッタとなる物質を分極反転させて前記第2の電極から電子を放出させる電子放出期間とを1ステップとし、該1ステップを1以上含むサイクルを第2のサイクルとしたとき、

前記第1のサイクルと前記第2のサイクルとが任意に切り換えられることを特徴とする発光装置。

17. 請求項15記載の発光装置において、

前記1ステップにおける前記電子放出期間に、

前記第1の電極のうち、前記第1の電極、前記エミッタとなる物質及び真空雰囲気による3重点の近傍の部分から電子が放出され、

前記放出された電子が前記蛍光体に衝突して、該蛍光体から光が発光されることを特徴とする発光装置。

18. 請求項15記載の発光装置において、

15 前記1ステップにおける前記電子放出期間に、

前記第1の電極のうち、前記第1の電極、前記エミッタとなる物質及び真空雰囲気による3重点の近傍の部分から電子が放出され、

前記放出された電子が前記エミッタとなる物質の表面で反射して、

前記反射した電子が前記蛍光体に衝突することにより、該蛍光体から光が発光  
20 されることを特徴とする発光装置。

19. 請求項15記載の発光装置において、

前記1ステップにおける前記電子放出期間に、

前記第1の電極のうち、前記第1の電極、前記エミッタとなる物質及び真空雰囲気による3重点の近傍の部分から電子が放出され、

前記放出された電子が前記エミッタとなる物質に衝突して二次電子を放出し、

前記二次電子が前記蛍光体に衝突することにより、該蛍光体から光が発光されることを特徴とする発光装置。

20. 請求項16記載の発光装置において、  
前記第1のサイクルの前記1ステップにおける前記電子放出期間に、  
前記第1の電極のうち、前記第1の電極、前記エミッタとなる物質及び真空雰囲気による3重点の近傍の部分から電子が放出され、  
5 前記放出された電子が前記蛍光体に衝突して、該蛍光体から光が発光され、  
前記第2のサイクルの前記1ステップにおける前記電子放出期間に、  
前記第2の電極のうち、前記第2の電極、前記エミッタとなる物質及び真空雰囲気による3重点の近傍の部分から電子が放出され、  
前記放出された電子が前記蛍光体に衝突して、該蛍光体から光が発光されるこ  
10 とを特徴とする発光装置。

21. 請求項16記載の発光装置において、  
前記第1のサイクルの前記1ステップにおける前記電子放出期間に、  
前記第1の電極のうち、前記第1の電極、前記エミッタとなる物質及び真空雰  
15 囲気による3重点の近傍の部分から電子が放出され、  
前記放出された電子が前記エミッタとなる物質の表面で反射して、  
前記反射した電子が前記蛍光体に衝突することにより、該蛍光体から光が発光  
され、  
前記第2のサイクルの前記1ステップにおける前記電子放出期間に、  
20 前記第2の電極のうち、前記第2の電極、前記エミッタとなる物質及び真空雰  
囲気による3重点の近傍の部分から電子が放出され、  
前記放出された電子が前記エミッタとなる物質の表面で反射して、  
前記反射した電子が前記蛍光体に衝突することにより、該蛍光体から光が発光  
されることを特徴とする発光装置。

25

22. 請求項16記載の発光装置において、  
前記第1のサイクルの前記1ステップにおける前記電子放出期間に、  
前記第1の電極のうち、前記第1の電極、前記エミッタとなる物質及び真空雰  
囲気による3重点の近傍の部分から電子が放出され、

前記放出された電子が前記エミッタとなる物質の表面で衝突して二次電子を放出し、

前記二次電子が前記蛍光体に衝突することにより、該蛍光体から光が発光され、  
前記第2のサイクルの前記1ステップにおける前記電子放出期間に、

- 5 前記第2の電極のうち、前記第2の電極、前記エミッタとなる物質及び真空雰囲気による3重点の近傍の部分から電子が放出され、

前記放出された電子が前記エミッタとなる物質に衝突して二次電子を放出し、

前記二次電子が前記蛍光体に衝突することにより、該蛍光体から光が発光されることを特徴とする発光装置。

10

23. 請求項1記載の発光装置において、

前記真空雰囲気の真空度は、 $2000\text{ Pa}$ 以下であることを特徴とする発光装置。

- 15 24. 請求項23記載の発光装置において、

前記真空雰囲気の真空度は、 $10^{-3}\text{ Pa}$ 以下であることを特徴とする発光装置。

25. 請求項1記載の発光装置において、

- 20 前記エミッタとなる物質は、圧電材料、反強誘電体材料又は電歪材料にて構成されていることを特徴とする発光装置。

## 要 約

発光装置は、誘電体から構成されたエミッタ部と、該エミッタ部の表面に形成されたカソード電極と、エミッタ部の裏面に形成されたアノード電極と、カソード電極とアノード電極間に、抵抗を介して駆動電圧を印加するパルス発生源とを有する。そして、エミッタ部の表面に、カソード電極と接触しない状態で、且つ、できる限りカソード電極と近接した状態で蛍光体が形成されている。